

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

**2 595 621**

(21) N° d'enregistrement national :

**86 03532**

(51) Int Cl<sup>4</sup> : B 32 B 31/00, 5/06; F 16 L 9/14 // F 02 K 11/00.

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 12 mars 1986.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la  
demande : BOPI « Brevets » n° 38 du 18 septembre 1987.

(60) Références à d'autres documents nationaux appa-  
rentés :

(71) Demandeur(s) : SOCIÉTÉ EUROPÉENNE DE PROPUL-  
SION, Société Anonyme. — FR.

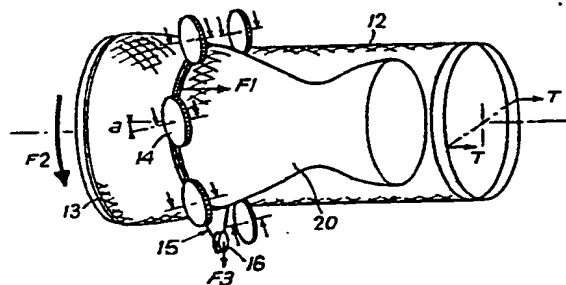
(72) Inventeur(s) : Jean Claude Clebant.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : Cabinet Beau de Loménie.

(54) Procédé de fabrication d'une structure de renfort pour pièce en matériau composite.

(57) Sur un mandrin 20 dont la forme est semblable à celle d'une structure de révolution ou tubulaire, à fabriquer, est mise en place une texture fibreuse 12 constituée par un tissu ou tresse à mailles déformables de manière à épouser la forme du mandrin par auto-adaptation de la géométrie des mailles, celles-ci étant déformables en losange pour suivre les variations éventuelles de la circonférence de la structure le long de l'axe de celle-ci.



FR 2 595 621 - A1

PROCEDE DE FABRICATION D'UNE STRUCTURE DE RENFORT POUR  
PIECE EN MATERIAU COMPOSITE

La présente invention concerne la fabrication de structures de renfort pour pièces en matériau composite, et plus particulièrement pour des pièces ayant des formes de révolution ou tubulaires comme, par exemple, des pièces de moteurs fusées.

Les structures de renfort pour pièces composites de révolution ou tubulaires sont généralement réalisées par bobinage d'une texture fibreuse (fil, ruban ou bande de matériau fibreux) pour former des couches superposées sur un mandrin dont la forme est semblable à celle de la structure à fabriquer. Les couches ainsi formées peuvent être liées entre elles par exemple au moyen d'éléments de renfort radiaux ou par aiguilletage.

La présente invention a pour but de fournir un nouveau procédé plus particulièrement adapté à la fabrication de structures de renfort de révolution non cylindriques ou de structures de renfort tubulaires présentant des déformations locales ou globales, c'est-à-dire de structures dont la forme rend plus difficile leur fabrication par bobinage.

Ce but est atteint grâce à un procédé selon lequel, conformément à l'invention, on met en place sur un mandrin une texture fibreuse constituée par un tissu ou une trame à mailles déformables de manière à épouser la forme du mandrin par auto-adaptation de la géométrie des mailles.

La texture fibreuse est une bande de tissu coupée en biais ou une tresse à plat dont le maillage est suffisamment aéré pour admettre des déformations importantes sans glissement relatif des fibres. Les mailles de la texture fibreuse sont disposées avec leurs côtés ayant des inclinaisons opposées par rapport à la direction longitudinale de la structure et sont déformables en losange pour suivre les variations éventuelles de la circonférence de la structure le long de cette dernière.

La mise en place de la texture fibreuse sur le mandrin peut être effectuée en fixant cette texture sur le mandrin à une extrémité longitudinale et en appliquant ensuite progressivement la

texture sur le mandrin depuis cette extrémité jusqu'à l'autre extrémité longitudinale tout en exerçant une tension en direction de cette autre extrémité. Sous l'effet de cette tension, les fibres de la texture se placent automatiquement dans des positions  
05 déterminées par la forme du mandrin, d'où une grande facilité de mise en place et une bonne reproductibilité du drapage.

Les limites de déformation des mailles déterminent les valeurs maximale et minimale de la circonférence à laquelle la texture peut s'adapter. Aussi, lorsque le profil de la structure  
10 rend nécessaire, on utilisera une texture à maillage variable dans la direction longitudinale de la structure à réaliser.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description faite ci-après à titre indicatif mais non limitatif en référence aux dessins annexés sur lesquels :

15 - la figure 1 est une vue partielle schématique illustrant l'adaptation de la texture fibreuse au profil de la structure à réaliser par déformation des mailles de la texture suivant le procédé conforme à l'invention ;

20 - les figures 2 à 4 montrent des textures fibreuses à mailles déformables utilisables pour la mise en oeuvre du procédé selon l'invention ; et

- les figures 5 et 6 montrent schématiquement la mise en place d'une texture fibreuse sur un mandrin conformément à l'invention.

25 Sur la figure 1, la référence 10 désigne une texture fibreuse déformable constituée par un tissu à maillage aéré pour admettre des déformations importantes sans glissement relatif des fibres. La texture est équilibrée, c'est-à-dire formée de fils identiques afin d'assurer une déformabilité uniforme dans toute la  
30 texture.

La texture 10 est placée sur un corps de révolution 20 avec les mailles 11 en forme de losange disposées de manière que chaque maille ait deux sommets ou noeuds opposés N1 situés dans un même plan méridien et les deux autres sommets ou noeuds opposés N2  
35 situés dans une même section droite. De la sorte, la texture 10

peut épouser la forme du corps de révolution 20 par adaptation de la géométrie des mailles qui, suivant l'évolution de la circonférence du corps 20, se déforment en losange. On notera que les fibres constitutives de la texture sont non élastiques, l'adaptation de la texture se faisant par déformation des mailles sans modification de la longueur de leurs côtés et non pas par déformation élastique des fibres.

Les noeuds N1 des mailles situés dans une même section droite étant fixés à la surface du corps 20, l'application des demi-mailles suivantes sur cette surface en maintenant une légère tension axiale (flèche T) fait que les fibres se placent suivant le plus court chemin, donc dans une position parfaitement déterminée par le profil du corps, chaque noeud N2 étant toujours situé à la même distance des noeuds N1 de la même maille. Si la mise en place de la texture est réalisée progressivement, chaque point du maillage vient occuper une position déterminée. Il en résulte, outre une facilité de mise en place, une très bonne reproductibilité du drapage réalisé.

Une texture telle que celle 10 de la figure 1 peut être obtenue en découpant des bandes de tissu à 45° par rapport aux directions de chaîne et de trame (voir figure 2). Les bandes ainsi obtenues peuvent être ensuite assemblées bout à bout pour fournir une texture 10 ayant la dimension requise. L'assemblage est réalisé de façon à ne pas gêner la déformabilité du réseau de fibres, par exemple par couture en zig-zag ou par collage discontinu. Il est également envisageable de réaliser la texture 10 sous forme d'une tresse plate.

Les mailles n'étant déformables que dans certaines limites, la texture 10 n'est adaptable qu'à des circonférences comprises entre une valeur minimale et une valeur maximale.

Lorsque le corps sur lequel la texture doit être mise en place présente des variations de circonférence importantes, on pourra conférer à la texture un maillage variable le long de l'axe de la structure à réaliser. Ceci peut être obtenu en formant la texture au moyen de bandes de tissu 10a, 10b, 10c (figure 3)

découpées à 45°, assemblées bord à bord et ayant des nombres de mailles différents par unité de longueur. Ainsi, dans le cas de la figure 3, la bande de tissu 10b comprend un plus grand nombre de mailles par unité de longueur que les bandes de tissu 10a et 10c, et ces mailles sont déformées en étant allongées dans la direction longitudinale de la structure à réaliser. La bande centrale 10b permet donc une adaptation de la texture à un corps présentant une partie médiane fortement renflée.

Dans le cas de textures formées par une tresse à plat, il est également possible de faire varier le maillage en utilisant des tresses plates à maillage évolutif comme illustré par la figure 4.

Pour la réalisation d'une structure de renfort pour pièce composite, la texture déformable est mise en place sur un mandrin dont la forme est semblable à celle de la structure à réaliser. Plusieurs couches de texture de renfort sont superposées en fonction de l'épaisseur désirée. Lorsque le nombre de couches superposées est élevé, la réalisation de la structure est effectuée en plusieurs étages au cours de laquelle un nombre limité de couches est mis en place simultanément, ce nombre limité étant tel qu'il permette de contrôler correctement la mise en forme des couches en une seule passe. La première série de couches est appliquée sur le mandrin pour former un drapage qui constitue à son tour un mandrin sur lequel est appliquée la deuxième série de couches, et ainsi de suite.

Les figures 5 et 6 illustrent très schématiquement un mode de mise en oeuvre du procédé selon l'invention pour le drapage d'une texture à mailles déformables sur un mandrin en forme de tuyère de moteur fusée.

Une gaine tubulaire 12 formée par enroulement de la texture 10 sur elle-même en plusieurs couches superposées est disposée autour du mandrin 20. A une extrémité, la gaine 12 est fixée à la surface du mandrin, par exemple par cerclage (en 13 sur la figure 5) puis, à partir de cet ancrage, elle est appliquée contre la surface du mandrin en exerçant, dans le sens de la

progression, une légère traction qui assure l'alignement des fibres.

05 L'application ou compactage des couches formant la gaine 12 est obtenue localement par exemple par l'action de molettes libres 14 disposées circulairement autour de la structure en formation et capables de se déplacer radialement tout en maintenant sur la structure un effort sensiblement constant. L'ensemble des molettes 14 est déplacé en translation continue parallèlement à 10 l'axe du mandrin 20 à partir de l'extrémité de fixation de la gaine 12 (flèche F1) tandis que le mandrin est entraîné en rotation continue sur lui-même (flèche F2). Le compactage effectué par les molettes 14 peut être complété efficacement par l'action d'une frette mobile 15 maintenue sous tension par passage dans la gorge 15 d'une poulie 16 soumise à une force élastique (flèche F3) tendant à 15 l'écarter du mandrin. La frette 15 et la poulie 16 (uniquement représentées sur la figure 5) sont déplacées en translation avec les molettes 14, immédiatement derrière celle-ci. La frette 15 sous tension contribue ainsi à appliquer la gaine 12 contre la surface du mandrin et progresse régulièrement du fait de son 20 enroulement à l'avant et de son déroulement à l'arrière par suite de la rotation continue du mandrin.

La tension des fils de la texture est obtenue par traction sur l'extrémité libre de la gaine 12. Cette tension peut être complétée en donnant aux molettes 14 un léger angle de dérive 25 a par rapport à la trajectoire hélicoïdale de la zone de contact avec la structure en formation ; il en résulte en effet une force d'entraînement sensiblement axiale qui s'exerce sur la texture déformable et facilite la mise en place des mailles dans la zone compactée.

30 Lorsque le mandrin 20 présente une zone de diamètre réduit, le maintien de la gaine 12 appliquée contre la surface du mandrin dans cette zone est assurée au moyen d'une frette fixe telle que 17 (figure 6).

35 Lorsque le compactage de la gaine 12 est terminé, l'extrémité restant libre de celle-ci est à son tour fixée sur la

surface du mandrin. Ensuite, selon l'épaisseur désirée pour la structure à réaliser, une ou plusieurs gaines supplémentaires peuvent être mises en place successivement de la même façon.

05 Lorsque le drapage de la texture de renfort est terminé, la structure ainsi obtenue peut être éventuellement renforcée radialement par couture ou mise en place d'éléments de renfort radiaux. La fabrication de la pièce composite est ensuite terminée de façon en soi bien connue par densification de la structure de renfort poreuse obtenue. Cette densification est réalisée par 10 exemple par imprégnation liquide et traitement thermique ou par infiltration chimique en phase vapeur.

Le matériau constitutif de la texture dépend bien entendu de l'application envisagée. Pour une utilisation impliquant une exposition à des contraintes thermomécaniques sévères, la texture 15 est de préférence réalisée avec des fibres réfractaires, notamment des fibres en carbone ou en céramique ou en un précurseur de ces matériaux, par exemple des fibres de PAN (polyacrylonitrile) préoxydé précurseur du carbone. La densification de la structure est réalisée par dépôt d'un matériau qui dépend également de 20 l'utilisation envisagée de la pièce composite, par exemple du pyrocarbone ou un autre matériau réfractaire tel que le carbure de silicium déposés en phase vapeur.

Bien que l'on ait envisagé l'application du procédé conforme à l'invention à la réalisation d'une structure de 25 révolution, on comprendra aisément que ce même procédé est utilisable pour réaliser des structures de formes plus complexes, par exemple des structures tubulaires présentant des déformations locales (bordures de trou, bossages, méplats,...) ou des déformations globales (tubes de section non circulaire, tubes 30 cintrés,...).

REVENDEICATIONS

05 1. Procédé de fabrication d'une structure de renfort de révolution ou tubulaire pour pièce en matériau composite, par mise en place d'une texture fibreuse sur un mandrin dont la forme est semblable à celle de la structure à fabriquer, caractérisé en ce que la texture fibreuse est constituée par un tissu ou tresse à mailles déformables de manière à épouser la forme du mandrin par auto-adaptation de la géométrie des mailles.

10 2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la texture fibreuse est mise en place sur le mandrin avec ses mailles ayant des côtés d'inclinaisons opposées par rapport à la direction longitudinale de la structure, lesdites mailles étant déformables en losange pour suivre les variations éventuelles de la circonférence de la structure le long de cette direction.

15 3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que la texture fibreuse est d'abord fixée au mandrin à une extrémité longitudinale puis est mise en place progressivement sur le mandrin en direction de l'autre extrémité en étant soumise à une tension dans cette direction.

20 4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la texture fibreuse est formée à partir de bandes de tissu découpées en biais par rapport aux directions de chaîne et de trame.

25 5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que la texture fibreuse est formée de plusieurs bandes assemblées bord à bord et présentent des maillages différents.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la texture fibreuse est formée par une tresse à plat.

30 7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que la tresse est à maillage évolutif.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que l'application de la texture sur le mandrin est réalisée au moyen de molettes appliquées contre la structure en  
35 cours de formation en pouvant rouler sur celle-ci en suivant



chacune un trajet hélicoïdal d'une extrémité longitudinale à l'autre de la texture.

9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que les molettes sont orientées de manière à présenter un angle de dérive par rapport au trajet hélicoïdal afin d'exercer une tension sur les fibres de la texture.

10

15

20

25

30

35

1/2

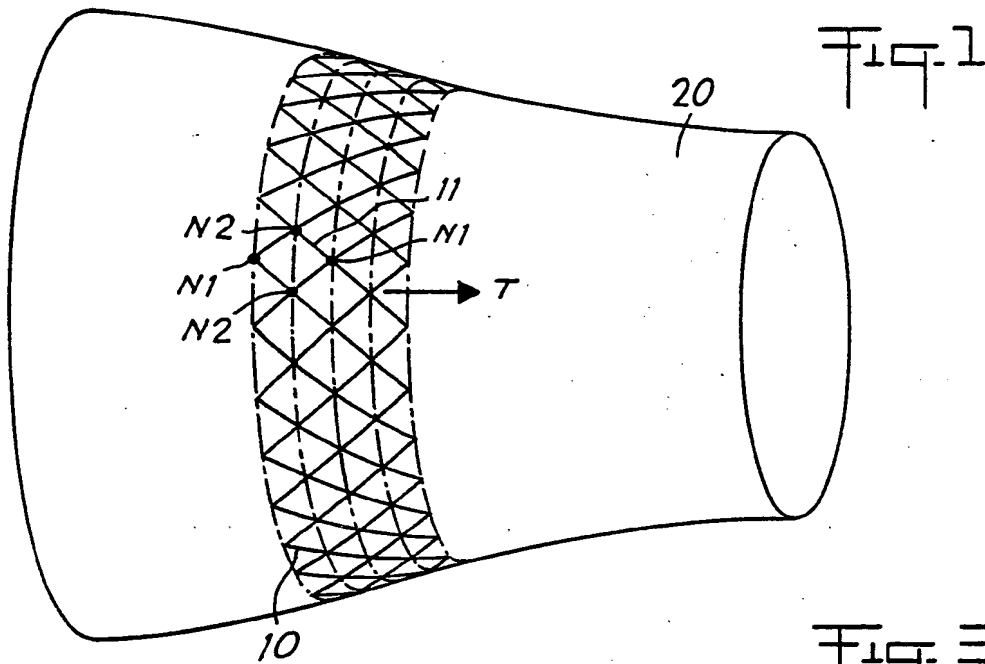


Fig. 2

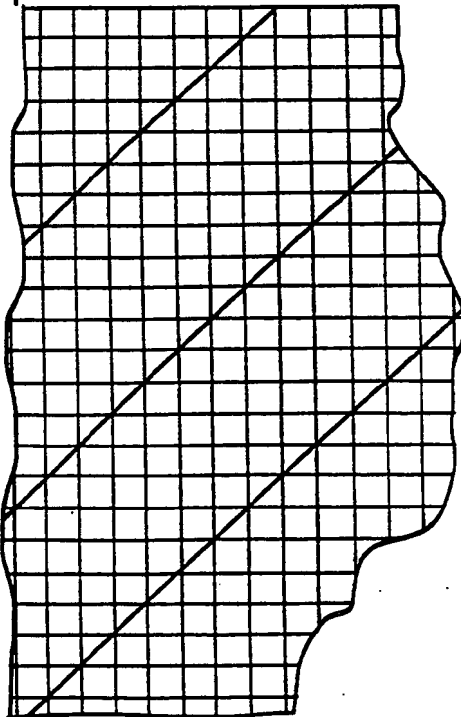


Fig. 3

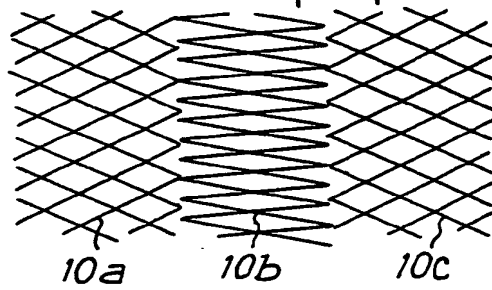
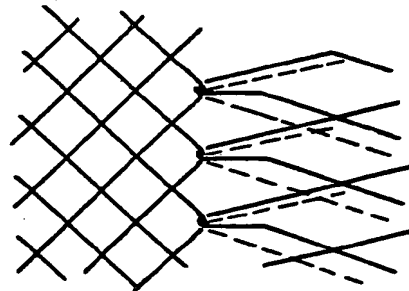


Fig. 4



2/2

Fig. 5

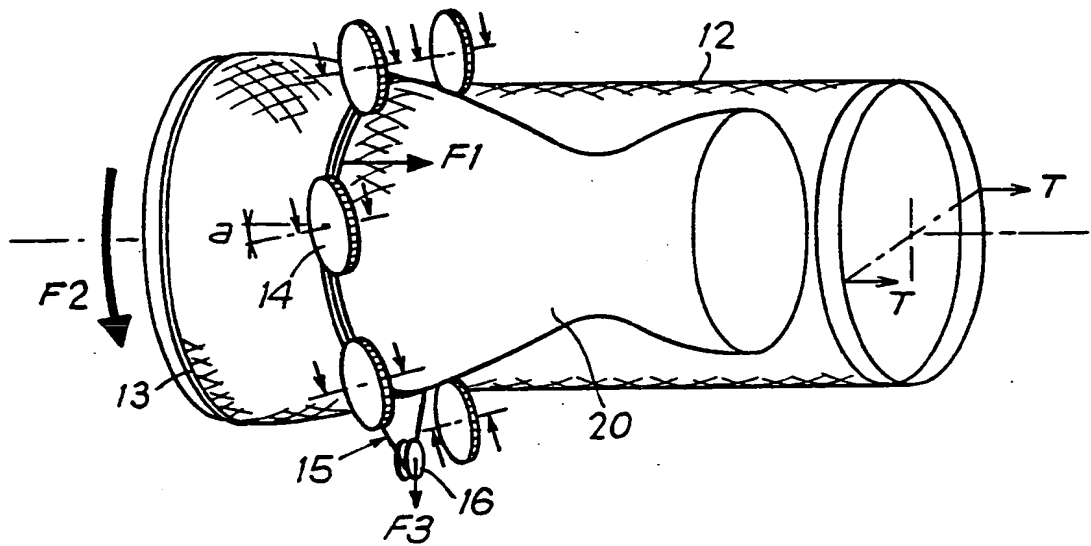
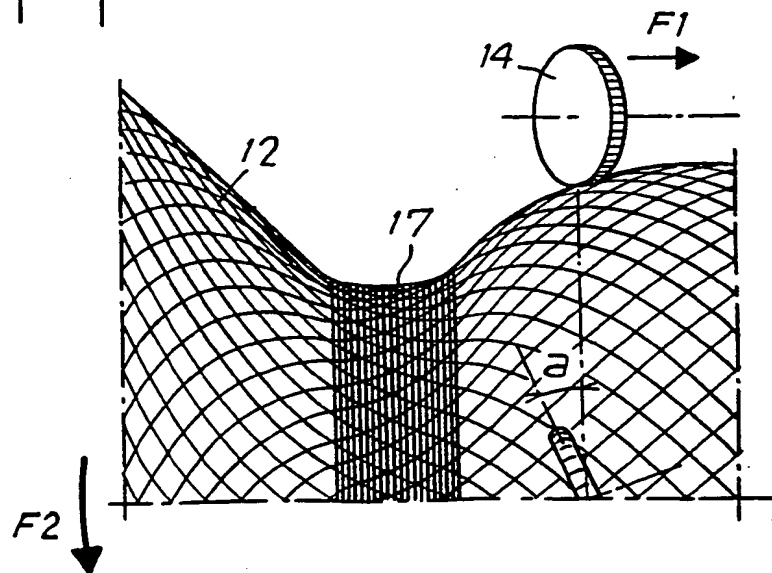
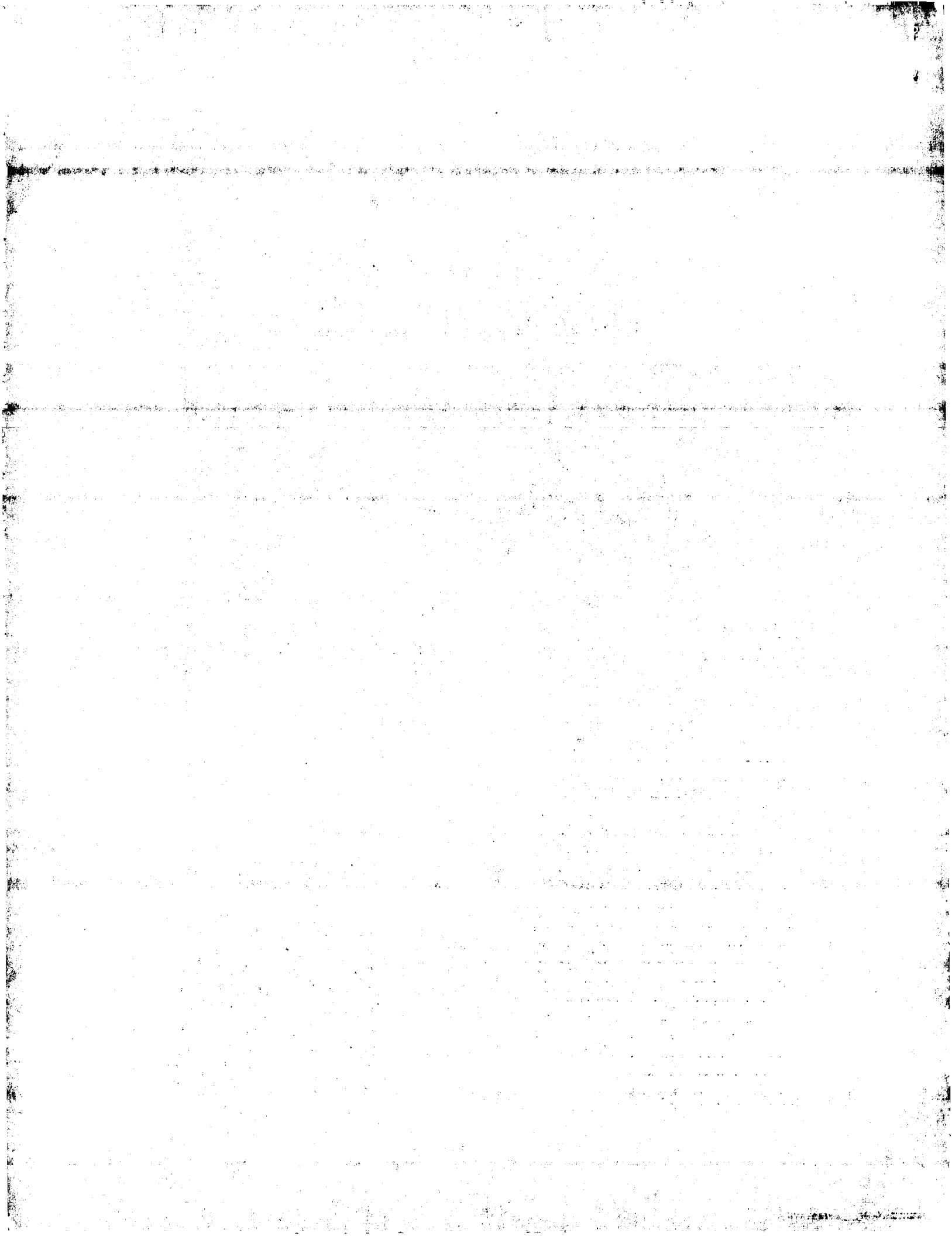


Fig. 6





1/2

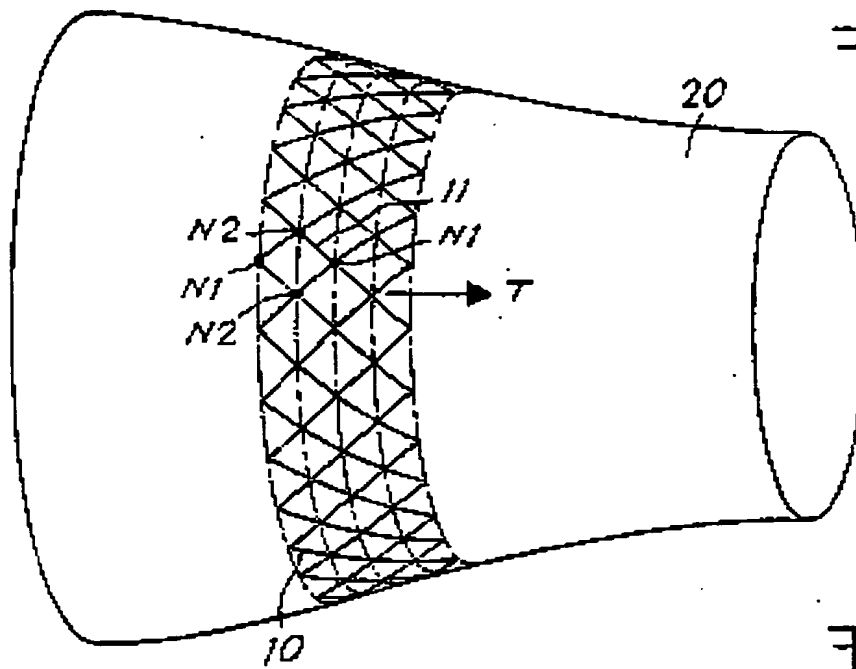


Fig. 2

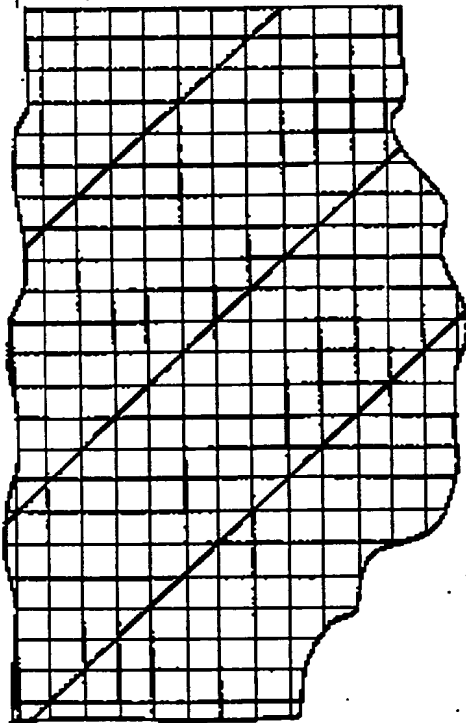


Fig. 3

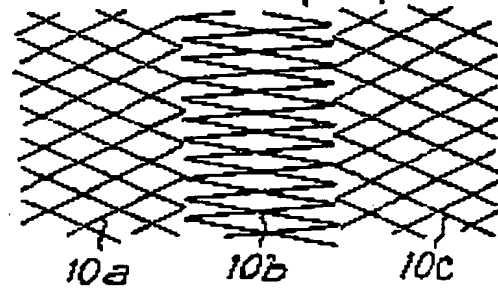
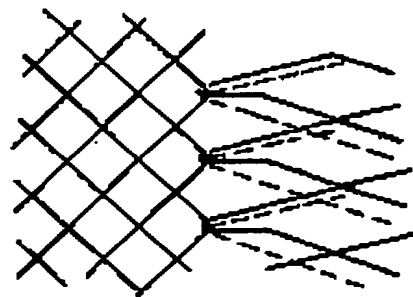


Fig. 4



2/2

Fig. 5

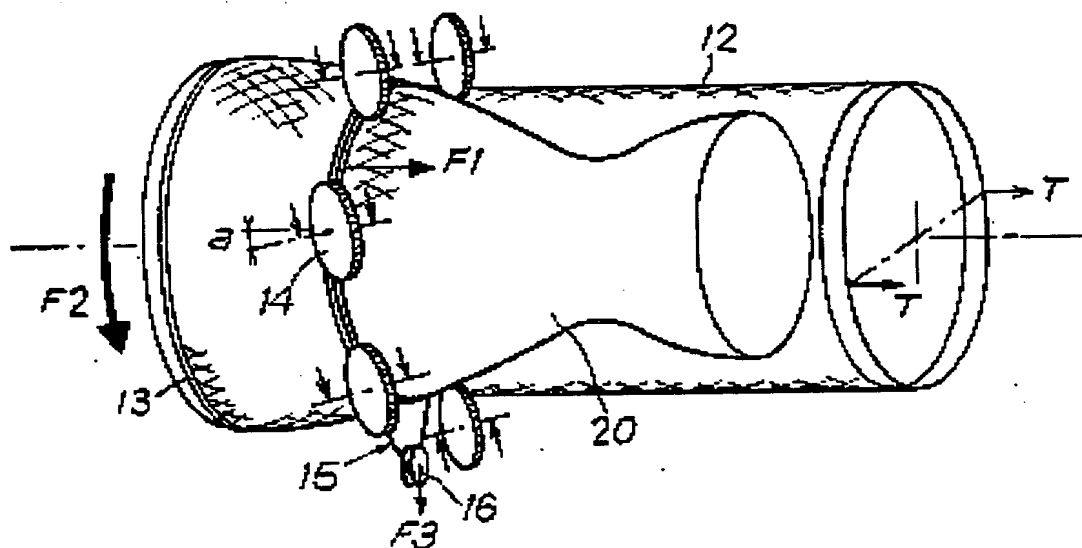


Fig. 6

